

DOI: 10.20103/j.stxb.202410292635

樊艳翔, 贺灿飞, 胡文伯, 赵筱青, 汪小宝. 入境旅游与旅游碳排放耦合协调关系及影响机制——以云南省为例. 生态学报, 2025, 45(11): 5147-5163.

Fan Y X, He C F, Hu W B, Zhao X Q, Wang X B. Coupling and coordination relationship and influencing mechanism of inbound tourism and tourism carbon emissions: a case study of Yunnan Province. Acta Ecologica Sinica, 2025, 45(11): 5147-5163.

入境旅游与旅游碳排放耦合协调关系及影响机制 ——以云南省为例

樊艳翔¹, 贺灿飞^{1,2,3,*}, 胡文伯¹, 赵筱青⁴, 汪小宝⁴

1 北京大学城市与环境学院, 北京 100871

2 北京大学-林肯研究院城市发展与土地政策研究中心, 北京 100871

3 西南联合研究生院, 昆明 650092

4 云南大学地球科学学院, 昆明 650500

摘要: 随着全球入境旅游的持续推进, 入境旅游与碳排放之间的协调发展问题备受关注, 作为中国入境旅游大省, 云南省入境旅游与旅游碳排放之间存在密切关联, 深入探讨二者之间互动关系及影响机制具有重要研究意义。基于此, 使用耦合协调度模型、Dagum 基尼系数法对云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平的时空演化及差异进行分析, 在此基础上整合 XGBoost 回归模型和随机森林回归模型识别云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展主导影响因素, 并使用 Tobit 模型、RE 模型、FE 模型、OLS 模型对相关主导影响因素进行偏效应分析。结果显示: (1) 云南省多地耦合协调发展水平呈现波动上升的演变趋势, 但区域间发展差异较大, 自西向东整体呈现低(怒江)→高(大理)→低(楚雄)→高(昆明)→低(曲靖)的空间演化格局。(2) 旅游产业发展因素、经济因素、人口因素、治理性因素是云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平的主导影响因素。(3) 旅游财政支持力度显著负向影响入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平, 旅游发展规模、旅游基础设施、经济发展水平、产业结构优化产生显著正向影响, 而人口集聚水平的效应并不显著。因此, 要积极引导低碳旅游发展, 优化旅游产业结构, 推动地区旅游业规模经营、协同发展, 优化区域旅游产业链, 实现入境旅游与旅游碳排放良性互动。

关键词: 入境旅游; 旅游碳排放; 耦合协调关系; 机器学习回归; 云南省

Coupling and coordination relationship and influencing mechanism of inbound tourism and tourism carbon emissions: a case study of Yunnan Province

FAN Yanxiang¹, HE Canfei^{1,2,3,*}, HU Wenbo¹, ZHAO Xiaoqing⁴, WANG Xiaobao⁴

1 College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China

2 Peking University-Lincoln Institute Center for Urban Development and Land Policy, Beijing 100871, China

3 Southwest United Graduate School, Kunming 650092, China

4 School of Geosciences, Yunnan University, Kunming, Kunming 650500, China

Abstract: Yunnan Province is a significant hub for inbound tourism in China, and exhibits a close correlation between inbound tourism and tourism-related carbon emissions. Consequently, exploring the interactions and influencing mechanisms between these two factors is of considerable importance. This paper analyzes the spatiotemporal evolution and differences in the coupling and coordinated development levels of inbound tourism and tourism carbon emissions in Yunnan Province. Utilizing the coupling coordination degree model and the Dagum Gini coefficient method, the study integrates the XGBoost

基金项目: 云南省西南联合研究生院科技专项-基础研究和应用基础研究重大项目(202302A0370007); 国家自然科学基金项目(42171169)

收稿日期: 2024-10-29; **网络出版日期:** 2025-04-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hecanfei@urban.pku.edu.cn

model and random forest model to identify the primary influencing factors on the coupling and coordinated development of inbound tourism and tourism carbon emissions. Additionally, the Tobit model, random effects (RE) model, fixed effects (FE) model, and ordinary least squares (OLS) model are employed to analyze the bias effects of the relevant primary influencing factors. The results indicate that: (1) The level of coupling and coordinated development in Yunnan Province demonstrates a fluctuating yet upward trend; however, significant developmental disparities exist among regions, with a spatial evolution pattern observed as low (Nujiang) → high (Dali) → low (Chuxiong) → high (Kunming) → low (Qujing) from west to east. (2) The primary influencing factors for the coupling and coordinated development of inbound tourism and tourism carbon emissions in Yunnan Province include development factors, economic factors, population factors, and governance factors within the tourism industry. Among these factors, financial support for tourism exerts a significant negative impact on the coupling and coordinated development of inbound tourism and tourism-related carbon emissions. Conversely, the scale of tourism development, tourism infrastructure, economic development level, and the optimization of industrial structure positively influence this relationship. However, the effect of population agglomeration level is insignificant. Therefore, it is essential to actively promote the development of low-carbon tourism, optimize the tourism industrial structure, encourage large-scale operations, and foster coordinated development within the regional tourism sector. Additionally, optimizing the regional tourism industrial chain is crucial for achieving a high-level interaction between inbound tourism and tourism carbon emissions.

Key Words: inbound tourism; tourism carbon emissions; coupling coordination relationship; machine learning regression; Yunnan province

21 世纪以来,气候变化成为人类所面临的严峻挑战之一,因能源消耗所产生的碳排放是加剧全球气候变化的重要原因,而人类活动则是加剧碳排放的关键因素,旅游活动也不例外^[1]。旅游业作为第三产业的重要构成,是碳排放的主要来源之一^[2-3]。2022 世界旅游业理事会全球峰会发布的《旅游业经济影响报告》指出全球旅游业碳足迹不断增长,全球旅游碳排放问题不容小觑。随着各国大力发展旅游业,该行业占碳排放的比例也越来越大^[4]。对中国而言,旅游业目前已成为中国国民经济重要支柱产业^[5],而入境旅游则是其重要组成部分。伴随着“一带一路”倡议的推广,中国已成为世界第一大入境旅游消费国,世界第四大旅游目的地国家^[1]。疫情爆发以来,全球入境旅游经历了停滞与低迷,但 2024 年以来,各地入境旅游收入表现得尤为强劲,展现出良好发展态势。伴随着全球旅游贸易的回暖,以及众多国家开放政策推进,入境旅游与碳排放之间的协调发展备受关注。一方面,入境旅游作为全球温室气体排放的主要贡献者之一,了解与控制入境旅游活动中的碳排放是推动地区绿色低碳发展的重要渠道。另一方面,通过对二者关系的深入解剖有助于进一步揭示入境旅游活动对碳排放的影响,以推进地区入境旅游可持续发展。从理论层面来看,入境旅游与旅游碳排放之间存在着密切关系,二者相互影响、相互作用^[1,5-6],但对于二者之间如何相互影响、相互作用,以及何种因素在其作用过程中发展着显著作用仍需进一步探讨。

旅游业发展与碳排放之间的关系是经济地理学、环境经济学、旅游经济学、区域经济学重点关注的议题。关于旅游与碳排放之间的研究最早可以追溯到 20 世纪初,早期相关研究主要关注旅游碳排放中交通运输与能源消耗部分^[7-8]。随着环保意识的兴起,20 世纪中后期,研究者开始重点关注旅游活动对自然环境、气候变化和全球碳循环的影响^[8-9]。20 世纪 90 年代随着可持续发展理念的兴起,学者们开始关注如何降低旅游碳排放进而削减旅游业的负面环境效应^[10]。近年来,气候变化问题的日益严重,国内外学者开始重点关注旅游业与碳排放之间的协调发展关系以及如何提升旅游碳排放效率^[11-12]。国内外关于旅游业发展与碳排放之间关系的研究主要有四大类,第一类主要探究旅游业发展对碳排放的影响^[5,13-16],方琰等^[5]指出中国旅游业发展与碳排放之间均存在长期均衡关系;王凯等^[13]指出旅游业产业结构合理化对提升碳排放效率具有促进作用。第二类主要是对旅游碳排放测算及影响因素进行分析^[17-20],刘军等^[19]指出中国区域旅游业碳排放受

到多种因素的共同影响,而旅游流动性对旅游业碳排放的影响较为显著;孙玉环等^[20]指出旅游业增加值、旅游业能源消耗量和旅客入次数是旅游业碳排放的促增因素。第三类主要是分析旅游碳排放与相关经济社会活动之间的关系^[21-22],Zhang 等^[21]探讨了碳税对旅游碳排放的影响;Peeters^[22]揭示了旅游交通与技术对旅游碳排放的关系。第四类主要分析旅游业发展与碳排放的互动特征^[23-24,30-31],宋娜等^[23]研究指出长江经济带地区旅游碳减排潜力与旅游碳排放效率之间呈负向动态关系;李智慧等^[24]指出中国旅游业碳排放—旅游经济—生态环境耦合度处于高水平耦合,但耦合协调度整体偏低。回顾以往研究可以发现,国内外学术界对旅游业发展与碳排放之间的相关成果较为丰富,但聚焦至入境旅游视角的相关研究还需要进一步深化,但无论是国内相关研究^[1,5,32-34],还是国外相关研究^[35-36]均肯定了探究入境旅游与旅游碳排放关系的研究价值。

从研究方法来看,涉及旅游业、入境旅游、碳排放等要素关系方面的研究,学者们多使用脱钩模型^[1,27]、多元回归模型^[5]、空间计量模型^[12]、广义迪氏指数分解法^[20]、耦合协调度模型^[24]、GDIM 分解法^[32]、异速增长模型^[37]、面板向量自回归模型^[23,38]、机器学习回归模型^[39]等。本文将使用耦合协调度模型探讨入境旅游与旅游碳排放的耦合协调发展水平,原因在于相较于其他方法而言,耦合协调度模型能够考虑系统随时间变化的动态特性,更好地模拟系统的演化过程 and 变化趋势。而在影响因素分析方面,本文引入机器学习回归模型和计量模型来探讨云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平的影响因素,原因在于机器学习回归方法能够处理复杂关系,在预测方面也表现出更高的准确性。而计量回归模型能够较精确地对影响因素进行偏效应分析。从研究尺度来看,以往相关研究主要集中于全球尺度^[36]、全国尺度^[13,17,19,20,35]、省域尺度^[23,32]、城市群^[13,37]、流域^[26]等。

其中,省域尺度的研究往往集中于各省整体情况的分析,一方面尚未细化至市级层面,一方面部分省份本就不是入境旅游的主要省份,研究结果的典型性与推广价值略显不足。而本文以云南省为例,其相关研究成果对全国其他省份入境旅游生态环境治理能够提供一定的借鉴与参考。云南省拥有丰富的旅游资源,其入境旅游市场也在迅速发展,2010 年云南入境旅游人次达 395.38 万人次,2019 年达 1484.93 万人次,增幅接近 2.8 倍。同时,该地区位于云贵高原,生态环境相对脆弱,如果能够实现二者之间的良好耦合与协调发展,相关的政策和措施将能够作为试点经验为其他地区提供示范。此外,云南省的产业结构相对多样,研究成果将为其其他类似地区在兼顾环境保护的前提下实现旅游业可持续发展提供借鉴。基于此本文使用 2011—2022 年云南入境旅游与旅游碳排放的相关数据深入探究二者的耦合协调关系及影响因素,以期对云南省旅游业可持续发展提供一定理论参考。

1 入境旅游与旅游碳排放的耦合作用分析

入境旅游与旅游碳排放之间存在着密切关联,二者相互影响,相互作用^[1,5]。入境旅游作为一个正向变量,理想化状态为一个国家或地区的入境旅游不断扩大进而为其带来一定的经济效益与社会效益,而旅游碳排放作为一个负向变量,理想化状态为发展旅游贸易的同时尽可能削减与控制旅游碳排放^[24],以实现入境旅游与旅游碳排放的良性互动,进而产生环境效益。入境旅游与旅游相关碳排放之间的耦合协调作用机制可以从多个角度探讨。首先,它们之间存在一种相互依赖关系。入境旅游增长往往伴随游客在交通、住宿、餐饮及游览等方面的活动,而这些活动必然会产生一定的碳排放。此外,碳排放的管理水平和控制措施也会对入境旅游质量与可持续性产生影响。其次,旅游规模效应是另一个值得关注的方面。随着入境旅游规模不断扩大,将推动旅游基础设施和服务需求上升,这可能导致总体碳排放量的上升。然而,在某一个规模范围内,利用规模经济及资源共享的理念,可能提高能源使用的效率,从而减少每单位旅游活动所产生的碳排放。最后,入境旅游的结构因素同样会对碳排放产生直接影响,包括游客的出行方式、住宿选择以及旅游活动的类型。

具体而言,从入境旅游端来看,一个地区入境旅游的发展,会带来一定的碳排放,入境旅游往往通过旅游活动、交通运输、旅游产品生产与供应、资金技术、能源消耗、旅游基础设施建设、人口集聚、土地利用等多种方式作用于旅游碳排放端^[1,35],而在此过程环境治理、技术创新、科学防治等多种途径对削减与控制旅游碳排放

起着重要作用。从旅游碳排放端来看,旅游碳排放的增加会迫使区域生态环境下降,不利于区域旅游业的可持续发展,从而对入境旅游产生负向反馈机制,具体而言如果旅游碳排放未能得到较好控制,将会通过影响气候变化、旅游生态环境、旅游舒适度与吸引力、消费者偏好、旅游资源状况、旅游市场竞争力、经济成本、管理压力等多方面对入境旅游产生不良影响^[36],而在此过程中,提升旅游碳排放效率有助于削弱其不良影响。入境旅游与旅游碳排放的良性互动,使之向高水平耦合协调发展状态跃进,这将意味着地区环境友好形象提升、经济效应与环境效应兼收、旅游市场竞争优势提升以及旅游可持续发展能力增强,由此可形成入境旅游与旅游碳排放的良性互动圈,即耦合协调发展圈。若入境旅游与旅游碳排放为非良性互动,说明地区在发展入境旅游过程中忽视了旅游碳排放控制,则会呈现出低耦合协调发展水平状态,此时将出现环境压力加剧、经济可持续性挑战升级、国际形象受损、政策压力增强等问题,从而形成入境旅游与旅游碳排放的非良性互动圈,即非耦合协调发展圈。由此便构成了复杂的入境旅游与旅游碳排放耦合系统。基于此,本文参考以往研究成果基础上^[24]构建入境旅游与旅游碳排放的耦合作用分析图,如图1所示。

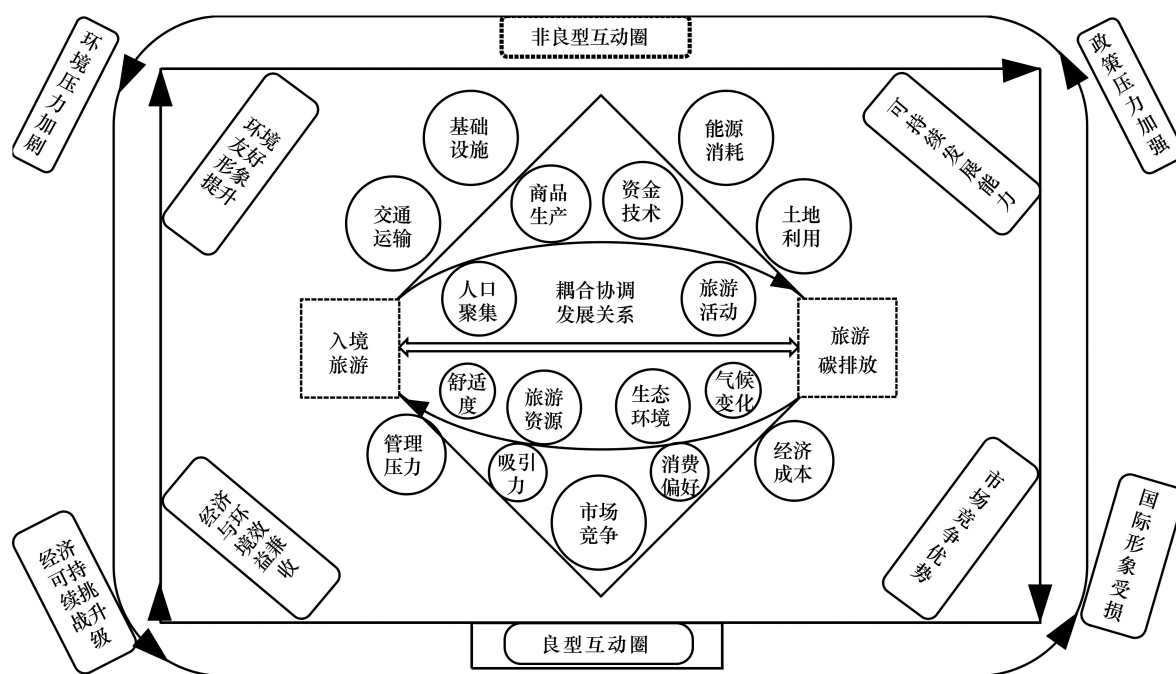


图1 入境旅游与旅游碳排放耦合作用分析

Fig.1 Coupling relationships of inbound tourism and tourism carbon emissions

2 研究设计

2.1 研究区域与数据来源

本文以云南省16个地级市为研究对象,选用2011年—2022年云南省入境旅游与旅游碳排放相关数据进行分析。需要说明的是,本文所指入境旅游是指国内企业或个人向国外提供旅游相关产品或服务,并因此获得货币收入的过程,因此本文使用入境旅游总收入指标来衡量地区入境旅游发展水平^[5],旅游碳排放参考前人研究使用测算值进行衡量^[40],具体测算方法见后文。相关数据来源于《云南省统计年鉴》、云南省各地级市统计年鉴、中国碳排放数据库以及Wind数据库等,部分缺失数据使用线性插值法填充。为便于后文的深入分析,本文依据研究期内云南省各地区旅游业发展水平(旅游业总收入/GDP的平均水平)的高低,将16个地级市划分为高、中、低三大区域。其中,高水平旅游业发展区包括丽江、西双版纳、迪庆、德宏、大理、普洱;中水平旅游业发展区包括保山、昆明、楚雄、文山、怒江;低水平旅游业发展区包括红河、临沧、昭通、玉溪、

曲靖。

2.2 研究方法

2.2.1 旅游碳排放测算

旅游碳排放(tourism carbon emission, TCE)是指旅游者在旅游产品消费过程中所产生的温室气体排放量,用 CO₂的质量表征。参考以往研究成果^[40]构建旅游碳排放测算模型。

$$TCE = A \times G \quad (1)$$

式中,TCE 表示当年旅游碳排放量,单位万 t;G 为当年的旅游业综合碳排放强度,单位 kg/美元;A 为当年的旅游行业总收入,单位美元。

2.2.2 耦合协调度模型

耦合协调度模型是分析探究复合系统协调发展状况常用的模型与方法,被广泛应用于环境经济学领域^[24]。其中在计算耦合协调发展水平前需测算出耦合度 C 值与协调指数 T 值。计算公式如下^[41]:

步骤一:建立 C_m 为耦合度函数,测算耦合度 C 值。耦合度函数具有良好的层次性,其中多系统下耦合度函数如(2)。

$$C_m = \left[\frac{(U_1, U_2, \dots, U_m)}{\prod (U_i + U_j)} \right]^{1/m} \quad (2)$$

依据式(2)可以得到入境旅游与旅游碳排放的耦合度函数,如(3)。

$$C = \left[\frac{(U_1 \times U_2)}{(U_1 + U_2), (U_1 + U_2)} \right]^{1/2} \quad (3)$$

步骤二:计算协调指数 T 值。如公式(4)。其中 α 和 β 是待定系数,分别表示入境旅游与旅游碳排放的贡献系数。本文认为入境旅游与旅游碳排放对地区发展的正向与负向影响具有同等重要性,因此将 α 和 β 赋值为 0.5。 U_1 为入境旅游, U_2 为旅游碳排放,其中 U_1 为正向指标、 U_2 均为负向指标。

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 \quad (4)$$

步骤三:计算耦合协调发展水平,即云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平。如公式(5)所示。

$$D = (C \times T)^{1/2} \quad (5)$$

依据耦合协调度水平高低,参考以往研究成果^[41]可耦合协调关系划分为 10 个类别,如表 1 所示。其中耦合协调发展水平越高说明入境旅游和旅游碳排放之间的发展越协调,入境旅游与区域环境的关系越良性,即入境旅游贸易不断发展的同时,能够较好地减少旅游碳排放的负面影响,通过控制碳排放,入境旅游可以更好地平衡经济利益和环境保护,实现可持续发展。

2.2.3 Dagum 基尼系数法

Dagum 基尼系数及其分解方法与其他空间差异方法相比最大的优点在于其可以将总体差异进一步具体划分为子群内、子群间和超变密度 3 个部分,能够说明地区差异的来源问题。因此,本文采用 Dagum 基尼系数及其分解方法分析云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平的空间差异及来源,基尼系数值越大表明入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平的空间差异越大,值越小表明差异越小,计算公式参考以往文献^[42],不再进行罗列。

2.2.4 影响因素识别与分析方法

(1) XGBoost 回归模型

XGBoost 回归模型是一个隶属于集成学习模型的 Boosting 算法,核心思想是对一系列弱模型(通常是决策树)的预测结果进行加权组合^[43],其被广泛应用于环境经济学领域,近年来在碳排放相关问题研究过程中被广泛引用^[43-45]。XGBoost 算法是一类由基函数与权重进行组合形成对数据拟合效果佳的合成算法。和传统的梯度提升决策树不同,XGBoost 给损失函数增加了正则化项,且由于有些损失函数是难以计算导数的,XGBoost 使用损失函数的二阶泰勒展开作为损失函数的拟合。具体分析过程参考以往研究成果^[44]。

表 1 耦合协调关系等级划分表

Table 1 Classification of coupling coordination relationships

发展区间类型 Development interval type	耦合协调发展水平 C Coupling coordination development level	耦合协调关系 Coupling coordination relationship	等级 Rank	发展状态 Development status
失调衰退区间 Discoordination decline interval	$0.00 \leq C < 0.10$	极度失调	1	失调发展
	$0.10 \leq C < 0.20$	严重失调	2	
	$0.20 \leq C < 0.30$	中度失调	3	
	$0.30 \leq C < 0.40$	轻度失调	4	
过度调和区间 Overharmonization interval	$0.40 \leq C < 0.50$	濒临失调	5	
	$0.50 \leq C < 0.60$	勉强协调	6	协调发展
	$0.60 \leq C < 0.70$	初级协调	7	
协调发展区间 Coordination development interval	$0.70 \leq C < 0.80$	中级协调	8	
	$0.80 \leq C < 0.90$	良好协调	9	
	$0.90 \leq C \leq 1.00$	优质协调	10	

(2) 随机森林回归模型

随机森林模型是一种包含多个决策树分类器的机器学习方法,由 Breiman 在 2001 年提出。此外,随机森林回归也是一种基于集成学习的回归算法,它通过构建多个决策树,并通过取平均值来降低过拟合的风险,提高模型的预测准确性^[46]。随机森林回归还可以处理高维数据和大样本量,对缺失数据和异常值具有较好的鲁棒性,在实际应用中被广泛使用。通过随机森林模型可以用于做分类、回归以及评估变量的重要性等研究^[39,47],具体测算过程参考以往研究成果^[48]。模型如下:

$$im_i = \frac{1}{nt} \sum_{v \in S_{xi}} \text{Gain}(x_i, v) \quad (6)$$

式中, im_i 为 x_i 对模型的贡献程度; S_{xi} 表示 nt 棵回归树的随机森林中被 x_i 分裂的节点集合; $\text{Gain}(x_i, v)$ 为 x_i 在分裂节点 v 的基尼信息增益,主要用于识别最大信息增益的预测变量,即 x_i 中最大程度影响 y 的变量。

(3) 综合影响力评价模型

为了避免单一机器学习回归模型预测结果的偏误,本文整合 XGBoost 模型与随机森林模型回归结果,提出综合影响力评价模型,如式(8)。综合两个模型进行分析可以很大降低过拟合的风险,其中, XGBoost 通常倾向于过拟合,尤其在训练数据不够的情况下,而随机森林对过拟合的抵抗力较强,通过综合两种模型可以在一定程度上平衡过拟合和欠拟合。因此两种模型结合可以更加准确地评估各变量的特征重要性,进而更加精确识别云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平的影响因素。

$$E_i = \alpha B_i + \beta R_i, (i = 1, 2, \dots, 3) \quad (7)$$

式中, E_i 为整合 XGBoost 模型与随机森林模型综合特征重要性结果, B_i 为 XGBoost 模型测算的特征重要性结果, R_i 为随机森林模型测算的特征重要性结果,而 XGBoost 模型与随机森林模型各有优势,同等重要,故取 $\alpha = \beta = 0.5$ 。

(4) 计量回归模型

通过综合影响力评价模型,可以识别出云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展的关键影响因素,为进一步进行偏效应分析奠定基础。基于此,构建回归模型如(9),为了验证模型的稳健性以及分析结果的科学性,本文分别使用 Tobit 模型、RE 模型(随机效应模型)、FE 模型(固定效应模型)、OLS 模型四种方法依次进行回归,其中 Tobit 模型用于处理因变量含有删失或受限数据的样本,对本文有较强适用性,而其他三个模型主要用于稳健性检验。式中, a_1 为回归系数, a_0 为截距项; u_{it} 为随机扰动项。

$$Y_{it} = a_0 + a_1 x_{it} + u_{it} \quad (8)$$

综上所述,综合影响力评价模型主要作用从众多可能影响云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调关系的影响因子中识别出具有关键影响力的因子,而 XGBoost 模型与随机森林模型两种模型结合的目的是规避单一模型识别的偏倚,以及寻求过拟合与欠拟合的平衡。计量回归模型的主要目的在于识别关键影响因子的作用

方向,以更好揭示因果关系、解释变异来源与开展政策制定。

3 入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平时空演化

3.1 时空演化特征

图 2 为云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平演化图。由图 2 可知,从增长速度来看,2011—2022 年,入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平增速较快的地区为临沧、昆明、文山、西双版纳、普洱,增速均在 40%以上,而昭通、怒江、玉溪、迪庆等地区出现了负增长,表明了这些地区与 2011 年相比入境旅游与旅游碳排放的非良性演化发展趋势加强,需格外重视旅游生态环境保护问题。就云南省整体水平来看,2011—2019 年云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平整体呈现上升趋势,但 2020 年受疫情影响,耦合协调发展水平降幅明显。主要原因在于,地区旅游业发展与碳排放呈现正相关关系^[20,23],旅游活动进行会大幅加剧交通运输和能源消耗^[1,48],从而产生不同程度的碳排放。而新冠疫情的出现导致了全球范围内旅游活动的大规模停滞和减少,因此,伴随着云南省入境旅游量大幅下降,旅游环境成本却未下降,且旅游碳排放却在不断产生,故在此时段入境旅游很难再弥补旅游碳排放所产生的负面环境效应。

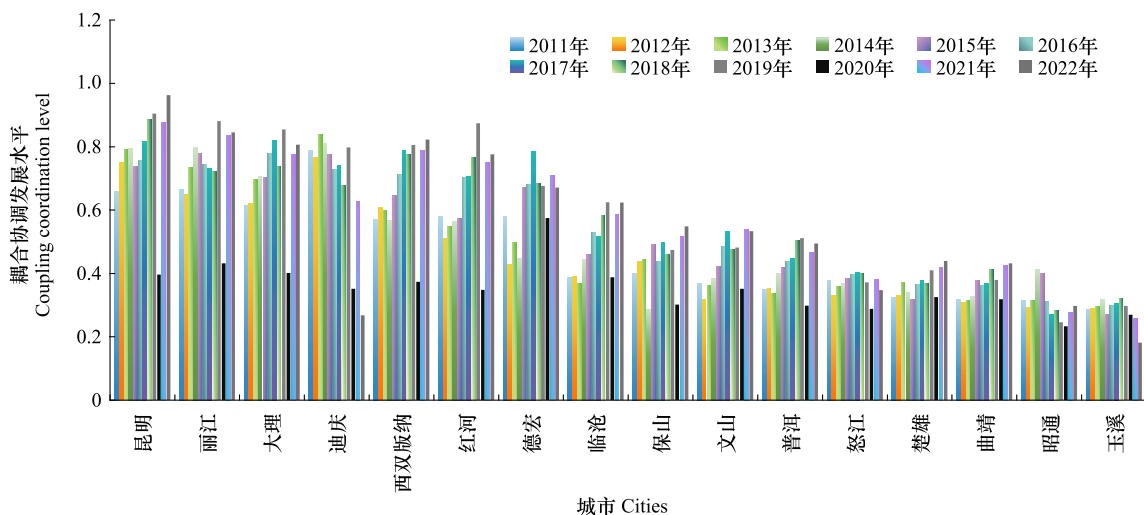


图 2 云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平演化图

Fig.2 Evolution of the coupling and coordinated development level of inbound tourism and tourism carbon emissions in Yunnan province

结合耦合协调关系划分表可知,2011 年以来,楚雄、曲靖、昭通、怒江、玉溪从未出现过协调发展状态,即未步入过入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展区间。昆明、西双版纳、红河、大理、丽江、德宏、迪庆自 2011 年开始步入了耦合协调发展状态。临沧、文山、普洱、保山四地依次在 2016 年、2017 年、2018 年与 2021 年进入协调发展状态。总体而言,对于旅游业较为成熟的地区,入境旅游与旅游碳排放的耦合协调发展状态也较为理想,主要原因在于,相较于旅游欠发达区域,旅游业较为发达的地区往往拥有更完善的旅游管理和规划体系,这包括对旅游资源的有效利用和保护,高水平的旅游管理通常会注重环境保护和旅游碳排放效率的提升^[34]。

图 3 为云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平空间分布演化。由图 3 可知,自 2011—2019 年,云南省各地区入境旅游与碳排放的耦合协调发展水平整体向理想化状态演变,其中 2019 年实现了全省最高理想化空间分布状态,但 2022 年多地区耦合协调发展水平有所下降。就空间分布来看,云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平呈现明显的空间集聚特征。云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平自西向东整体呈现低(怒江)→高(大理)→低(楚雄)→高(昆明)→低(曲靖)的空间演化格局。

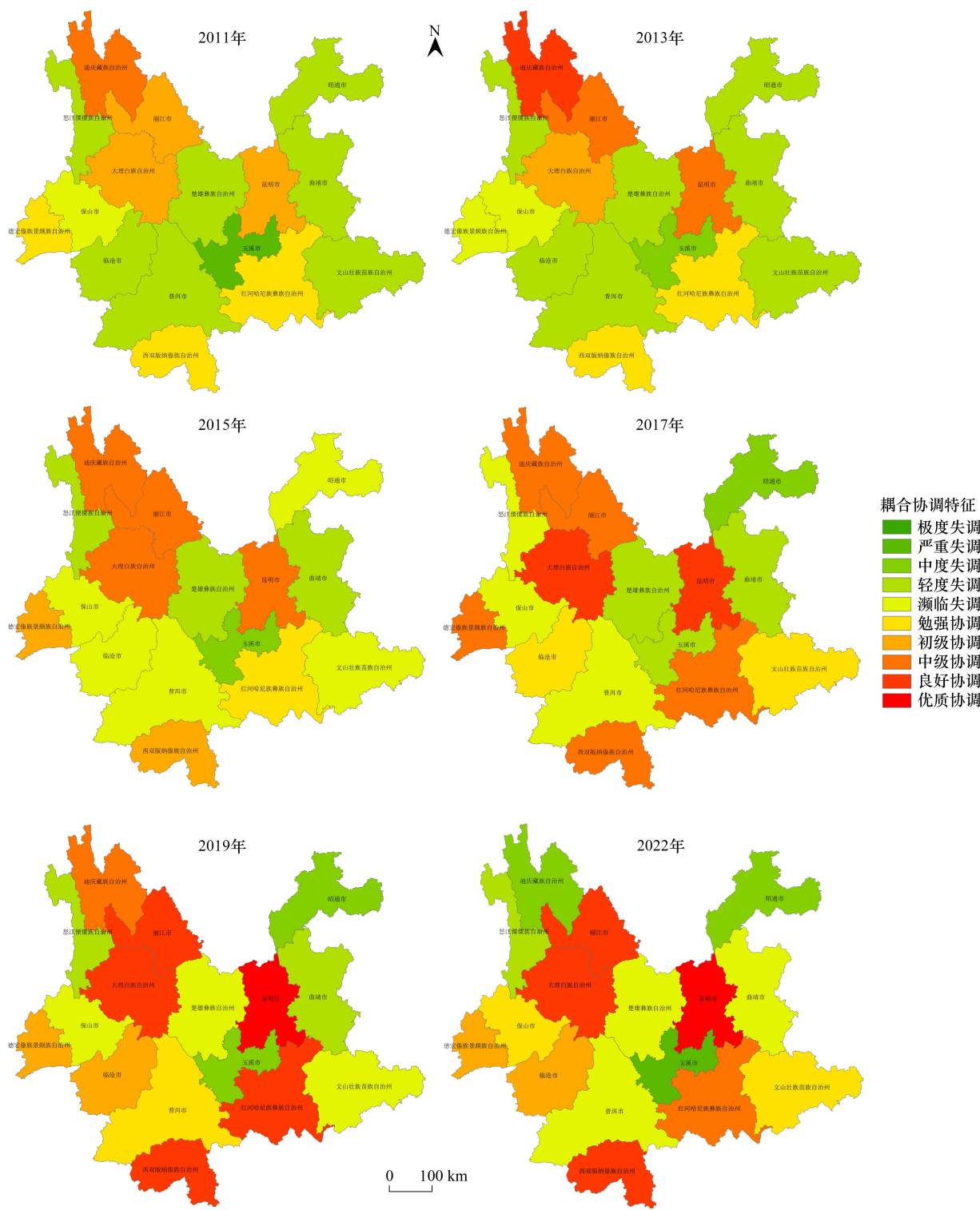


图3 云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平空间分布演化图

Fig.3 Spatial distribution and evolution of the coupling and coordinated development of inbound tourism and tourism carbon emissions in Yunnan Province

3.2 差异性分析

为进一步探究云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平的空间差异及其来源,本文使用 Dagum

基尼系数进行分析(表2)。区域内是指高、中、低水平旅游业发展区内部各城市之间;区域间三大高、中、低水平旅游业发展区之间。由表2可知,从云南省整体来看,直至2020年云南省基尼系数整体呈现波动下降的演变趋势,但近年来又有所回升,需警惕区域发展不平衡问题加剧。比较区域内、区域间以及超变密度基尼系数,可以发现区域间基尼系数远高于区域内和超变密度基尼系数,由此可知云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平的差异主要来源于区域间差异。但区域间差异自2011年以来整体呈现波动下降的演变趋势,这也说明了高、中、低水平旅游业发展区之间的耦合协调发展水平的空间分布差异不断减弱。对于区域内基尼系数,可以发现高水平旅游业发展区基尼系数整体要低于中、低水平旅游业发展区。此外,2015年以前中水平旅游业发展区的基尼系数要高于低水平地区,但2015年以后此种情况发生了逆转。

表2 Dagum 基尼系数分析结果
Table 2 Analysis results of Dagum Gini coefficient

年份 Year	基尼系数 Gini coefficient				区域内基尼系数 Gini coefficient within the region		
	云南省 Yunnan province	区域内 Intra-region	区域间 Inter-region	超变密度 Super-variable density	高水平区 High-level area	中水平区 Medium-level area	低水平区 Low-level area
2011	0.179	0.043	0.106	0.03	0.118	0.132	0.139
2012	0.192	0.049	0.104	0.039	0.134	0.179	0.121
2013	0.201	0.05	0.115	0.036	0.149	0.163	0.121
2014	0.196	0.052	0.097	0.047	0.146	0.195	0.118
2015	0.177	0.041	0.109	0.028	0.093	0.161	0.133
2016	0.178	0.041	0.102	0.035	0.078	0.144	0.187
2017	0.190	0.043	0.114	0.032	0.081	0.153	0.201
2018	0.182	0.043	0.086	0.053	0.064	0.171	0.209
2019	0.211	0.051	0.104	0.056	0.088	0.172	0.262
2020	0.114	0.033	0.061	0.02	0.113	0.064	0.099
2021	0.190	0.049	0.095	0.047	0.095	0.163	0.226
2022	0.229	0.067	0.075	0.087	0.171	0.189	0.262

4 影响机制分析

4.1 影响因素指标体系构建与依据

入境旅游与旅游碳排放两者之间构成较为复杂的耦合作用系统,系统耦合协调发展水平受到多种影响因素共同作用^[24],因此全面剖析与选取相关影响因素具有重要研究价值。通过整理归纳已有研究可以发现,影响入境旅游与旅游碳排放耦合协调因素整体可以分为八大类,如表3所示。相关数据来源于《云南省统计年鉴》、各地级市统计年鉴以及 Wind 数据库等。

(1)经济主导型影响因素。在以往研究成果中,经济主导型因素是学者们分析旅游与碳排放之间作用关系过程中选取最为普遍的影响因素^[41,48,50—51]。经济因素作为基础性因素,深刻影响地区入境旅游与耦合协调发展水平。基于此本文从以往研究成果^[41,48,50—51,56—58]中提炼了经济发展水平、产业结构优化水平作为两个相关影响因子。良好的经济发展水平往往能够提升入境旅游竞争力,导致更多的旅游碳排放^[56—57],但与此同时,繁荣的经济也可能会促进可持续旅游实践和绿色技术的发展,以减少旅游业的碳排放^[41—42]。产业结构优化意味着入境旅游将向绿色化、低碳化方向发展,有利于入境旅游与碳排放的良性互动^[13,27]。

(2)旅游产业发展因素。旅游业发展因素往往反映出地区旅游业发展的规模效应,规模效应对入境旅游与旅游碳排放均会产生一定程度的影响^[34,53,59]。具体可通过旅游业发展规模、旅游财政支持力度、旅游资源丰富度、旅游设施丰富度等对入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展产生影响。而旅游产业发展相关因素也是以往关于旅游业与碳排放相关研究中不可或缺的一部分。

表 3 入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展的影响因素分析

Table 3 Analysis of the influencing factors of the coupling and coordinated development of inbound tourism and tourism carbon emissions

影响因素 Influencing factors	影响因子 Impact factors	具体指标 Indicators	单位 Units	参考文献 References
经济因素 Economic factors	经济发展水平	人均 GDP	元/人	[50—51]
	产业结构优化	第三产业在地区生产总值中的占比	%	[13,27,56]
旅游产业发展因素 Tourism industry development factors	旅游业发展规模	旅游总收入/地区生产总值	%	[23,34,49]
	旅游财政支持力度	地方财政支出中的旅游占比	%	[25,48]
	旅游资源丰富度	地区 A 级旅游景区个数	个	[53,57]
	旅游设施丰富度	地区星级宾馆个数	个	[53,57]
城市建设交通因素 Urban construction and transportation factors	城市建设水平	建成区面积占城区总面积比重	%	[51,58]
	交通运输水平	人均载客汽车量	辆/人	[1,19,48]
科技信息化因素 Science and technology informatization factors	科技研发水平	独立研究开发机构平均工作人员	个	[19,41,57]
	地区信息化水平	互联网普及率	%	[53,55]
治理性因素 Governance factors	环境治理水平	工业废气设施治理处理能力	万 m ³ /h	[41,56—57]
	资源供给能力	供水量占水资源总量比重	%	[53,59—60]
人口因素 Demographic factors	人口集聚水平	人口密度	人/km ²	[23,27,56]
外部环境因素 External environmental factors	对外开放水平	出口贸易额占进出口贸易额比重	%	[53,58]
	商业活动氛围	社会消费品零售额与地区生产总值之比	%	[19,27,53]
生态性因素 Ecological factors	城市生态基础	建城区绿化覆盖率	%	[61—62]
	人工绿化水平	人均人工造林面积	hm ² /人	[61—62]

(3)城市建设与交通因素。良好的城市基础设施与交通设计对提升旅游景点的便捷性和吸引力有重要作用,有助于促进地区旅游业发展,扩大入境旅游规模^[1,48,53]。与此同时,良好的城市规划以及优化的交通网络和公共交通系统有利于减少旅游碳排放,实现入境旅游与碳排放的耦合协调发展,但不可忽略的是过度的城市扩张建设以及交通运行则会产生大量的碳排放^[58],不利于二者耦合协调发展。因此选取城市建设水平与交通运输水平两个相关影响因子。

(4)科技信息化因素。科技研发为旅游业发展提供了相关绿色技术与手段,使之碳排放得以减少^[25,52]。而良好的科研与信息化水平可以促进旅游行业的管理和运营效率的提升,从而减少资源消耗和碳排放。最重要的是科研与信息化水平的提升,将推动旅游业朝着更高附加值、低碳方向发展,从而实现入境旅游增长的同时减少碳排放^[41,55]。这也在以往研究过程中达成了共识,因此本文选取科技研发水平和地区信息化水平两个相关影响因子。

(5)治理性因素。良好的环境治理水平能够较好地提高地区生态环境质量,从而提升入境旅游竞争力,推动旅游业的可持续发展,并且也意味着能够更有效地降低污染、改善空气,减少旅游活动所产生的碳排放^[41,57]。对于云南省这样拥有丰富自然景观和水域资源的地区,充足的水资源供给对于入境旅游也非常重要,高水平水资源供给能力意味着良好的资源配置效果,这将很大程度影响旅游业的发展和游客体验,同时也会影响旅游碳排放^[59,60]。因此选取环境治理水平与资源供给能力作为两个相关影响因子。

(6)人口因素。以往研究认为入境旅游最直接的手段就是吸引国外游客形成集聚效应从而产生碳排放^[50]。一方面人口集聚可能会刺激旅游业快速发展,有利于旅游产品与服务的提供^[53],但另一方面也不可忽视人口集聚下,地区资源开发与环境保护压力增加,能源消耗需求增加一定程度上也会对旅游碳排放产生影响^[48,50,56]。因此,选取人口集聚水平作为入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展的影响因子。

(7)外部环境因素。对外开放水平提升为入境旅游的发展提供了良好契机,而良好的商业活动氛围则为旅游业发展营造了较好的市场环境^[58]。高水平的对外开放程度意味着更广泛的外部市场,而良好的商业活

动氛围则会深刻影响国外游客消费水平^[53]。由此可见,二者对入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展产生不可忽视的影响。因此选取对外开放水平与商业活动氛围作为两个相关影响因子。

(8)生态性因素。良好的生态基础能够提供美丽的自然风景和丰富的旅游资源,从而吸引更多游客前来旅游观光,促进入境旅游增长^[53]。同时,良好的生态基础与对生态修复的投入也有助于提升生态对碳的净化能力,从而减少旅游碳排放^[61,62]。因此选取城市生态基础与人工绿化水平作为两个相关影响因子。

4.2 影响因素识别与机制分析

本文使用 XGBoost 模型、随机森林回归模型、综合影响力评价模型依次对入境旅游、旅游碳排放、入境旅游与旅游碳排放的耦合协调发展水平的主导影响因子进行了识别分析,模型可行性检验结果如表 4 所示。由表 4 可知,各维度与模型下,相关指标值均较为理想,表明模型拟合效果较好。可进一步结合两个模型结果,采用综合影响力评价模型综合分析主导影响因子。

表 4 模型可行性检验
Table 4 Model feasibility test

维度 Dimension	模型 Model	MSE	RMSE	MAE	MAPE	R^2
入境旅游碳排放	XGBoost 模型	0	0.001	0	0.083	1
Inbound tourism carbon emissions	随机森林模型	0.001	0.032	0.022	4.558	0.97
入境旅游	XGBoost 模型	0.173	0.416	0.192	0.026	1
Inbound tourism	随机森林模型	3157.34	56.19	46.362	7.193	0.804
耦合协调发展水平	XGBoost 模型	0	0.005	0.001	0.951	1
Coupling coordination level	随机森林模型	0.098	0.313	0.195	26.562	0.977

MSE: 均方误差 Mean squared error, RMSE: 为均方根误差 Root mean squared error, MAE: 为平均绝对误差 Mean absolute error, MAPE: 平均绝对百分比误差 Mean absolute percentage error, R^2 为拟合优度

基于综合影响力评价模型,本文测算出了入境旅游、旅游碳排放、入境旅游与旅游碳排放的耦合协调发展水平的主导影响因子的影响力,结果如表 5 所示。本文选取排名前八的作为各变量的主导影响因子。

由表 5 可知,入境旅游的主导影响因子为旅游财政支持力度、地区信息化水平、旅游设施丰富度、资源供给能力、旅游业发展规模、交通运输水平、产业结构优化、人工绿化水平,主要是旅游产业发展因素、信息化因素、资源配置因素、交通因素以及生态性因素发挥着主要作用,而城市建设因素、人口因素、外部环境因素的影响作用并不明显。旅游碳排放的主导影响因子为人工绿化水平、经济发展水平、城市建设水平、对外开放水平、城市生态基础、商业活动氛围、科技研发水平、产业结构优化,由此可见生态性因素对旅游碳排放的影响最明显,其次是经济因素、城市建设因素、外部环境因素和科技研发因素。由此可见,旅游业发展因素对入境旅游的影响要显著强于对旅游碳排放的影响,生态性因素同时在入境旅游端与旅游碳排放端发挥关键作用。

从发展端来看,入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平的主导影响因子主要是为旅游财政支持力度、旅游业发展规模、旅游设施丰富度、经济发展水平、产业结构优化,存在显著的旅游发展效应、经济发展效应与产业结构优化效应;从治理端来看,主导影响因子为人口集聚水平、资源供给能力、环境治理水平,存在显著的资源配置效应、人口集聚效应与环境治理效应。由此可见旅游产业发展因素、经济因素、人口因素、治理性因素对入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平发挥关键影响,而城市建设与交通因素、科技与信息化因素、外部环境因素与生态性因素并不是影响云南省入境旅游与碳排放耦合协调发展水平的主导因素。由此可以发现旅游产业发展因素、治理性因素(资源配置效应)同时在入境旅游端与耦合协调发展端发挥关键作用,产生共向效应,经济因素对旅游碳排放端于耦合协调发展端均发挥关键影响。基于此,本文构建了云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平的影响机制,如图 4 所示。

表 5 影响因子识别结果

Table 5 Impact factor identification results

入境旅游影响因子 Inbound tourism impact factors		旅游碳排放影响因子 Tourism carbon emissions impact factors		耦合协调发展水平影响因子 Coupling coordination level impact factors	
影响因子 Impact factors	特征重要性	影响因子	特征重要性	影响因子	特征重要性
旅游财政支持力度 Tourism financial support level	54.00%	人工绿化水平	14.00%	旅游财政支持力度	49.65%
地区信息化水平 Regional informatization level	8.05%	经济发展水平	7.75%	产业结构优化	13.10%
旅游设施丰富度 Tourism facility richness	7.60%	城市建设水平	7.65%	经济发展水平	7.55%
资源供给能力 Resource supply capacity	5.65%	对外开放水平	6.40%	人口集聚水平	5.80%
旅游业发展规模 Tourism industry development scale	5.20%	城市生态基础	6.15%	旅游业发展规模	4.25%
交通运输水平 Transportation level	4.85%	商业活动氛围	5.95%	旅游设施丰富度	3.50%
产业结构优化 Industrial structure optimization	2.70%	科技研发水平	5.85%	资源供给能力	3.35%
人工绿化水平 Artificial greening level	1.95%	产业结构优化	5.70%	环境治理水平	2.85%
科技研发水平 Research and development level	1.65%	交通运输水平	5.65%	地区信息化水平	2.55%
商业活动氛围 Business activity atmosphere	1.60%	旅游业发展规模	5.45%	城市生态基础	1.20%
经济发展水平 Economic development level	1.50%	人口集聚水平	5.35%	旅游资源丰富度	0.95%
旅游资源丰富度 Tourism resource richness	1.40%	资源供给能力	4.85%	人工绿化水平	0.95%
城市生态基础 Urban ecological foundation	1.10%	环境智力水平	4.80%	交通运输水平	0.95%
人口集聚水平 Population aggregation level	0.90%	旅游设施丰富度	4.10%	科技研发水平	0.95%
环境治理水平 Environmental governance level	0.70%	地区信息化水平	4.00%	商业活动氛围	0.85%
对外开放水平 Level of opening up to the outside	0.65%	旅游资源丰富度	3.65%	城市建设水平	0.80%
城市建设水平 Urban construction level	0.55%	旅游财政支持力度	2.90%	对外开放水平	0.75%

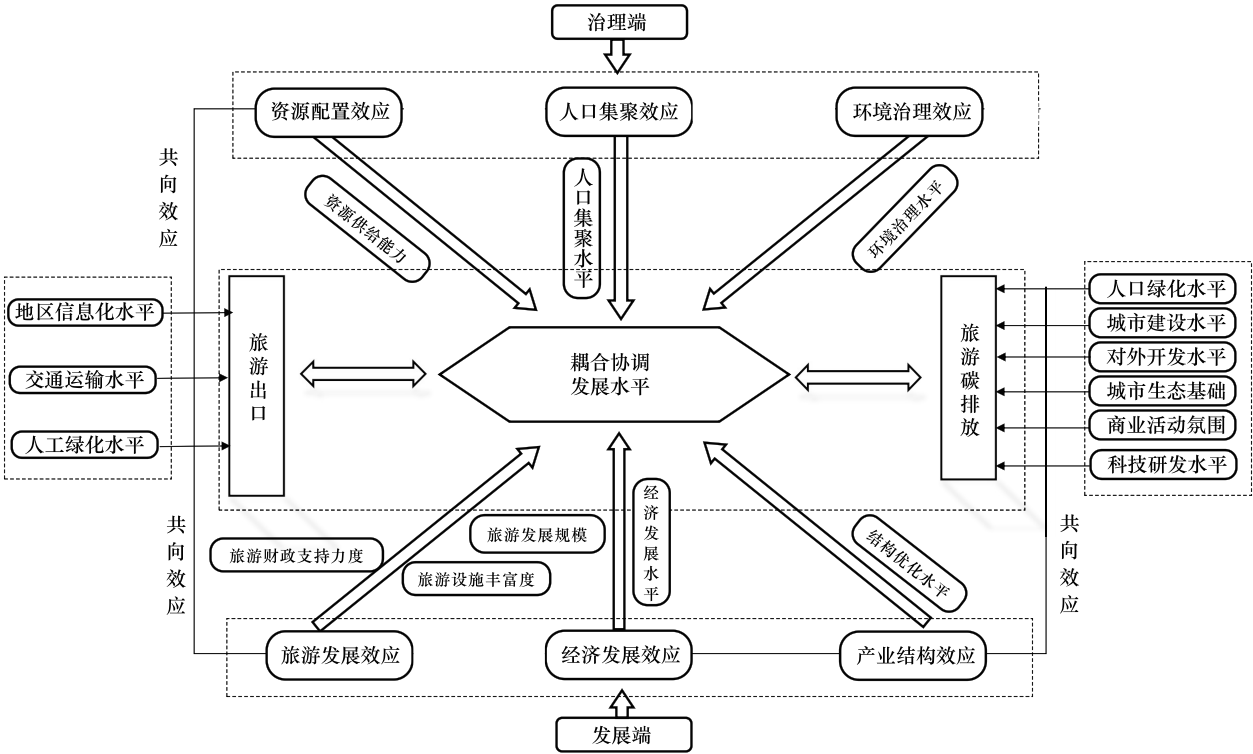


图 4 入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平的影响机制

Fig.4 The influencing mechanism of the coupling and coordinated development level of inbound tourism and tourism carbon emissions

为了进一步验证主导影响因子的影响方向,本文选取云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平的前三类主导影响因素进行计量回归分析,即旅游产业发展影响因素、经济因素、人口因素。依次使用 Tobit 模型、RE 模型(随机效应模型)、FE 模型(固定效应模型)、OLS 模型四种方法进行回归,结果如表 6 所示。

表 6 回归结果及稳健性检验

Table 6 Regression results and robustness test

解释变量 Independent variables	Tobit (1)	FE (2)	RE (3)	OLS (4)
旅游财政支持力度 Tourism financial support level	-0.249 *** (0.023)	-0.117 *** (0.022)	-0.133 *** (0.032)	-0.249 *** (0.003)
产业结构优化 Industrial structure optimization	0.87 *** (0.128)	0.289 *** (0.11)	0.341 *** (0.107)	0.870 *** (0.113)
经济发展水平 Economic development level	0.130 *** (0.05)	0.071 * (0.037)	0.074 * (0.041)	0.130 ** (0.059)
人口集聚水平 Population aggregation level	-0.073 ** (0.037)	-0.161 (0.117)	-0.116 (0.097)	-0.073 (0.042)
旅游发展规模 Tourism development scale	0.243 *** (0.023)	0.127 *** (0.023)	0.142 *** (0.038)	0.243 *** (0.034)
旅游基础设施 Tourism infrastructure	0.167 *** (0.036)	0.042 (0.057)	0.069 (0.063)	0.167 ** (0.036)
被解释变量 Dependent variable	入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平			

***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的显著水平下显著;括号中的数字为标准误差值;FE: 固定效应模型 Fixed effect, RE: 随机效应模型 Random effect

(1) 从旅游产业发展主导影响因素来看。

对于旅游业财政支持力度而言,四种方法下旅游财政支持力度均显著负向影响云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平。云南省正处于旅游高速发展期,旅游财政支持往往侧重发展规模扩张而非可持续发展,传统财政支持往往倾向于促进旅游业规模扩大,而忽视了对可持续性与碳排放的控制,这可能导致入境旅游与旅游碳排放的强脱钩状态。此外该阶段财政支出激励结构一定程度上更加倾向于旅游基础设施建设和推广,环保资金投入不足,可能鼓励短期盈利和非长期可持续性,容易致使入境旅游与旅游碳排放的非良性互动。从理论层面来看,首先,地区财政支出在一些情况下易使地方政府功利性地追求经济目标,放松环境管制,导致城市旅游碳排放呈上升趋势,不利于入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展^[63],其次,财政支出如果过度看重生产性建设,环保性投入占比不足,并侧重经济建设事务发展,会引发环境恶化、产能过剩等一系列环境问题,从而降低地区碳减排绩效,不利于入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展^[64]。

对于旅游发展规模影响因子,四种方法下旅游发展规模均显著正向影响云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平。首先,高水平的旅游发展规模,意味着旅游市场需求的不断壮大,旅游碳排放治理能够有更多的资金保障与技术支持^[24]。旅游规模化经营,有利于提高旅游企业的节能减排能力,以实现旅游经济与生态的平衡^[25]。当前云南省旅游规模不断扩大,旅游业占比不断增加,为入境旅游的发展营造了良好的市场环境,而规模化的旅游业为云南省系统化治理旅游碳排放奠定了基础,从而有利于云南省入境旅游与旅游碳排放的耦合协调发展。

对于旅游基础设施而言,Tobit 回归模型与 OLS 法下的回归结果均显示旅游基础设施显著正向影响云南省入境旅游与旅游碳排放的耦合协调发展水平。一方面良好的基础设施能够很大程度提升旅游活动效率,从而促进入境旅游增长。另一方面良好的基础设施也为管理和监控旅游业负面环境效应提供了便利,从而使云南省的入境旅游贸易发展更加可持续。因此当入境旅游以可持续的方式增长时,会更加注重降低碳排放和环境保护,进而助推入境旅游与旅游碳排放的耦合协调发展^[53]。

(2) 从经济主导因素来看。对于经济发展水平影响因子而言,四种方法下经济发展水平均显著正向影响云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平。这一结果已在以往相关研究中得到了充分的证实,陈鑫等^[41]认为经济发展水平显出正向影响旅游与碳排放之间的耦合协调发展水平。Sun^[52]指出,地区经济发展水平的提升将有利于提升技术效率从而强化碳排放治理。岳立等^[57]认为经济发展水平有利于提升地区旅游碳排放效率,从而促进旅游与碳排放之间的协调发展。对于产业结构优化而言,产业结构优化均显著正向影

响云南省入境旅游与旅游碳排放的耦合协调发展水平。一方面产业结构优化意味着资源优势的转化^[53,59],通过产业结构转型与优化,使得更多的投资和资源向入境旅游发展倾斜,而这种优化在促进了入境旅游的同时,也提升了旅游业的碳排放效率。另一方面产业结构优化通常伴随着技术和管理方式的改进^[25,41,54],这意味着在旅游发展中采用更加环保和节能的技术进而降低旅游活动的碳排放。这一研究结论也在前人研究中得到了一定证实,如查建平等^[27]、余文梦等^[48]、高源遥等^[50]、黄和平等^[56]、程慧等^[65]均认为产业结构优化有利于旅游业高质量发展,提升旅游碳排放效率,从而实现入境旅游与旅游碳排放的耦合协调发展。

(3)从人口主导因素来看。四种方法下仅有 Tobit 模型回归结果显著,因此认为人口集聚水平未对云南省入境旅游与旅游碳排放产生显著影响,但四种方法下回归结果的影响方向均为负向。这可能是因为云南省拥有良好的生态基础,而前文分析中也指出了云南省旅游碳排放主导影响因素为生态性因素,加之人口集聚水平在短时间内很难出现大幅变化进而影响旅游碳排放,使得人口集聚水平在回归分析中不显著,而这一观点以往研究也进行了验证,如赵先超等^[66]指出由于人口集聚水平较为稳定,其不会显著影响地区旅游碳排放。此外,也有学者指出基于游客规模流动形成的人口集聚效应易产生显著影响,但基于常住人口的集聚效应很难产生显著影响,而本文指标为后者。

综上所述,一方面,本文研究指出入境旅游与碳排放耦合协调发展的主导影响因素为旅游产业发展因素、经济发展因素、人口因素以及治理性因素,这与以往研究成果^[20,27,34,48,50]的结论也较为相似,但与部分学者研究结果存在差异,如俞霞等^[25]、翁钢民等^[51]认为技术创新水平是重要影响因素;陈鑫等^[41]认为技术水平与环境治理水平为关键影响因素;查建平等^[51]认为城市建设水平会影响旅游碳排放,进而影响入境旅游与碳排放耦合协调发展。另一方面对于偏效应回归结果分析与以往研究结论也存在少部分差异化内容,但本文也从理论与实践两个维度作出了解释。本文研究结论认为旅游财政支持力度对云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展产生负向影响^[63,64],但部分成果认为政府财政支出为旅游发展与旅游碳排放治理提供了一定的资金支持,有利于实现两者耦合协调^[25,48],而近年来相关成果则认为仅有绿色财政才能更好发挥其正向影响^[67],因此财政支出应当区分其用途。对于旅游发展规模的偏效应分析,部分学者认为旅游规模扩大会很大程度上增加旅游碳排放,不利于入境旅游与碳排放的耦合协调发展^[20,57]。这与本文结论相反,但此种情况应当考虑地区是否形成了可持续规模效应,良好规模效应有利于入境旅游扩张的同时提升碳排放治理效率^[24,34]。对于经济发展水平的偏效应,部分学者认为经济发展水平提升会加大对能源资源的消耗进而产生碳排放,一定程度上产生负向影响效果^[50,56-57],这与本文研究结论存在一定差异,主要原因在于需考量在经济发展过程中是否能够合理有效应对碳排放处理问题,如果能够较好处理,则影响效果应当是正向的^[41,42]。此外,研究显示人口集聚水平对云南省入境旅游与碳排放耦合协调发展的负向效应并不显著,这与以往研究成果^[50]中认为的人口集聚的负向碳排放效应存在一定的差异,而有关学者对此进行了回复,人口集聚水平需要考虑其稳定性,对于经常变动的游客集聚一定程度上会产生负向影响,这与前人研究结果一致,但对于诸如人口密度等具有稳定性的变量可能很难在短时间内产生显著的影响效应^[53,66]。

5 结论与对策建议

(1)从云南省入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平来看,云南省多地耦合协调发展水平呈现波动上升的演变趋势,但区域间发展差异较大,其中楚雄、曲靖、昭通、怒江、玉溪五地在研究期内均未步入到协调发展状态;耦合协调发展水平呈现明显的空间集聚特征,整体高、中、低集聚分布效应明显,耦合协调发展水平自西向东整体呈现低(怒江)→高(大理)→低(楚雄)→高(昆明)→低(曲靖)的空间分布演化格局。

(2)从主导影响因素来看,入境旅游主导因素主要为旅游产业发展因素、信息化因素、资源配置因素、交通因素以及生态性因素。生态性因素对旅游碳排放的影响力度最明显,其次为经济因素、城市建设因素、外部环境因素和科技研发因素。而入境旅游与旅游碳排放耦合协调发展水平的主导影响因素为旅游产业发展因素、经济因素、人口因素、治理性因素。

(3)不同类别影响因素下的影响因子对耦合协调发展水平的偏效应存在一定差异。旅游财政支持力度显著负向影响入境旅游与旅游碳排放的耦合协调发展水平,旅游发展规模、旅游基础设施、经济发展水平、产业结构优化产生显著正向影响,而人口集聚水平的负向影响未呈现显著性。

基于此提出几点建议:

(1)生态性因素对旅游碳排放的影响力度较为明显,因此需要格外重视地区生态环境建设,积极加强地区生态环境建设与修复。首先,需要加强对环境的监督管理,提升民众的环保意识。一方面,应严格落实环境影响评估制度,坚决打击任何违法环境行为;另一方面,应加强宣传和教育,鼓励公众积极参与生态环境保护活动。其次,应推进旅游区域的植树造林及森林保护工作,可以实施专项植树造林与保护项目,以提高该地区的绿化程度和森林覆盖率。最后,要积极研发先进的生态修复技术,以提升生态修复的效果和工作效率。

(2)各区域可以积极整合区域旅游资源,优化旅游业产业链,推动旅游业区域协调发展。在确保地方旅游发展拥有足够自主权的基础上,应当制定全省范围内统一的旅游业发展战略与规划。这一战略应明确各地级市乃至更小区域如县和乡镇的旅游特色定位与重点,以避免重复建设及恶性竞争等问题的出现。其次,需要积极促进区域间旅游发展合作,建立跨区域合作与互动机制,以推动相邻地区之间进行旅游线路的规划和客源的互推,同时分享旅游生态治理的成功经验。最后,应当促进地方特色旅游资源的整合,将不同地区的自然景观、民族文化、历史遗迹等进行系统整合,旨在创造多样化的旅游产品组合,从而提升旅游业的整体竞争力。

(3)要明确旅游业财政支持资金具体用途,并根据各项任务重要性进行合理分配,以确保资源高效利用。建议适度提高政府对旅游生态保护的财政投入,设立专门旅游生态保护基金,专用于支持旅游环境的建设与修复,从而实现旅游资源与生态环境的可持续发展。其次,应积极推动地方绿色旅游基础设施建设,这在一定程度上能够为旅游区域提供环保交通系统、污染物处理设施及污染识别系统等项目的财政补助和优惠政策。最后,应该鼓励积极推动旅游产业发展绿色环保技术,为那些采用节能减排技术及使用可再生能源等具有良好生态效益的旅游企业提供税收优惠和财政奖励。

参考文献(References):

- [1] 马继,秦放鸣,谢霞.入境旅游碳排放与旅游经济增长脱钩关系研究.新疆大学学报:哲学·人文社会科学版,2019,47(2):16-23.
- [2] 任洁.“双碳”目标下的旅游业高质量发展.旅游学刊,2022,37(5):12-13.
- [3] Alam M S, Paramati S R. The dynamic role of tourism investment on tourism development and CO₂ emissions. *Annals of Tourism Research*, 2017, 66: 213-215.
- [4] Fen L, Brent D M, Char-lee M, et al. Drivers of carbon emissions in China's tourism industry. *Journal of Sustainable Tourism*, 2019, 28(5): 747-770.
- [5] 方琰,张怡琳,张旖旎,唐承财.旅游业发展对中国碳排放的影响.生态学报,2024,44(10):4105-4116.
- [6] Li Z, Chen C B. Research progress and current situation on tourism carbon emissions. *Environment, Resource and Ecology Journal*, 2023, 7(7): 23-32.
- [7] Johnson K L, Dworetzky L H, Heller A N. Carbon monoxide and air pollution from automobile emissions in New York City. *Science*, 1968, 160(3823): 67-68.
- [8] Warnken J, Buckley R. Scientific quality of tourism environmental impact assessment. *Journal of Applied Ecology*, 1998, 35(1): 1-8.
- [9] Wang Q, Yang X. Overseas Study Review of Carbon Emissions for Tourism Industry. *Tourism Tribune/Lvyou Xuekan*, 2012, 27(1).
- [10] Tucker M. Carbon dioxide emissions and global GDP. *Ecological Economics*, 1995, 15(3): 215-223.
- [11] Yung-Nien S, Stefan Gößling, Zhou W R. Does tourism increase or decrease carbon emissions? A systematic review. *Annals of Tourism Research*, 2022, 97: 103502.
- [12] Meng W Q, Xu L Y, Hu B B, Zhou J, Wang Z L. Quantifying direct and indirect carbon dioxide emissions of the Chinese tourism industry. *Journal of Cleaner Production*, 2016, 126: 586-594.
- [13] 王凯,何静,甘畅,席建超.中国旅游产业结构变迁对旅游业碳排放效率的空间溢出效应研究.中国软科学,2022(12):50-60.
- [14] Huang C, Wang J W, Wang C M, Cheng J H, Dai J. Does tourism industry agglomeration reduce carbon emissions? *Environmental Science and*

- Pollution Research International, 2021, 28(23): 30278-30293.
- [15] Zhang M. The impact of tourism on carbon emissions in China. *International Journal of Energy*, 2023, 2(3): 17-20.
- [16] Sun Y Y, Gossling S, Zhou W R. Does tourism increase or decrease carbon emissions? A systematic review. *Annals of Tourism Research*, 2022, 97: 103502.
- [17] 雷婷, 王奕淇, 王超. 中国省际旅游交通碳排放空间关联网及影响因素. *环境科学*, 2025, 46(1): 53-65.
- [18] Luo F, Moyle B D, Moyle C J, Zhong Y D, Shi S Y. Drivers of carbon emissions in China's tourism industry. *Journal of Sustainable Tourism*, 2020, 28(5): 747-770.
- [19] 刘军, 岳梦婷. 区域旅游业碳排放及其影响因素——基于旅游流动性视角. *中国人口·资源与环境*, 2021, 31(7): 37-48.
- [20] 孙玉环, 杨光春. 中国旅游业碳排放的影响因素分解及脱钩效应. *中国环境科学*, 2020, 40(12): 5531-5539.
- [21] Zhang J K, Zhang Y. Carbon tax, tourism CO₂ emissions and economic welfare. *Annals of Tourism Research*, 2018, 69: 18-30.
- [22] Peeters P. Chapter 4 Tourism transport, technology, and carbon dioxide emissions. *Bridging tourism theory and practice*. 2010, 67-90.
- [23] 宋娜, 原一敏. 长江经济带省域旅游碳减排潜力与旅游碳排放效率的交互响应. *经济地理*, 2023, 43(7): 225-233.
- [24] 李智慧, 王凯, 余芳芳, 徐丽萍. 中国旅游业碳排放—旅游经济—生态环境耦合协调时空分异研究. *地理与地理信息科学*, 2022, 38(6): 110-118.
- [25] 俞霞, 吴德进. 旅游经济发展与碳排放脱钩关系研究——以福建省为例. *福建论坛: 人文社会科学版*, 2022, 6(6): 86-96.
- [26] 黄国庆, 汪子路, 时朋飞, 周贻. 黄河流域旅游业碳排放脱钩效应测度与空间分异研究. *中国软科学*, 2021(4): 82-93.
- [27] 查建平, 戴家权, 刘珂吉, 余乔, 周志坚. 旅游增长与碳排放脱钩状态及其驱动因素研究——一个新的脱钩分析框架. *旅游学刊*, 2022, 37(4): 13-24.
- [28] Cheng X Y, Jiang K S. Study on tourism carbon emissions and distribution efficiency of tourism economics. *East Asian Journal of Business Management*, 2018, 8(2): 15-22.
- [29] Zhang J K, Zhang Y. Tourism and regional carbon emissions: city-level evidence from China. *Tourism Review*, 2023, 78(3): 888-906.
- [30] 章杰宽. 旅游与碳排放: 全球视角与区域比较. *地理研究*, 2022, 41(11): 3088-3104.
- [31] Xu Z N, Li Y Q, Wang L, Chen S. Decoupling tourism growth from carbon emissions: Evidence from Chengdu, China. *Environmental Science and Pollution Research International*, 2023, 30(60): 125866-125876.
- [32] 李姝晓, 童昀, 何彪. 多情景下海南省旅游业的碳达峰与碳中和预测. *经济地理*, 2023, 43(6): 230-240.
- [33] 查瑞波, 许进铭, 王善杰. 碳排放视角下入境旅游对共同富裕的影响. *自然资源学报*, 2023, 38(5): 1210-1224.
- [34] 董红梅, 赵景波. 中国第三产业碳排放量与入境旅游人均消费的相关关系探析. *干旱区资源与环境*, 2010, 24(4): 185-189.
- [35] Hu Y Y. Where have carbon emissions gone? evidence of inbound tourism in China. *Sustainability*, 2023
- [36] Erdoğan S, Gedikli A, Cevik E I, Erdoğan F. Eco-friendly technologies, international tourism and carbon emissions: Evidence from the most visited countries. *Technological Forecasting and Social Change*, 2022, 180: 121705.
- [37] 仇方道, 刘继斌, 陈然, 张新林, 谭俊涛. 淮海经济区工业增长与碳排放异速关系演化及协同机制. *资源科学*, 2024, 46(1): 69-84.
- [38] 王兆峰, 孙姚. 区域能源碳排放与旅游经济增长的耦合机制——以长株潭为例. *中南林业科技大学学报: 社会科学版*, 2018, 12(5): 77-82, 99.
- [39] 余清项, 贾俊松, 朱春敏, 彭宸. 中国居民直接能源消费碳排放时空跃迁特征及影响因素分析. *环境科学研究*, 2024, 37(6): 1193-1203.
- [40] 涂玮, 刘钦普. 华东地区旅游碳排放与碳承载力关系研究. *生态经济*, 2021, 37(11): 144-149, 155.
- [41] 陈鑫, 周加贝, 廖远涛, 王少剑. 长三角地区碳排放-城市高质量发展水平耦合协调演变及影响因素分析. *世界地理研究*, 2024, 33(3): 103-115.
- [42] 沈丽, 范文晓. 中国碳排放效率与金融业高质量发展的时空耦合协调. *中国人口·资源与环境*, 2023, 33(8): 13-26.
- [43] 刘慧甜, 胡大伟. 基于机器学习的交通碳排放预测模型构建与分析. *环境科学*, 2024, 45(6): 3421-3432.
- [44] 黄和平, 李紫霞, 黄璇, 谢美辉, 王智鹏. “双碳”目标下江西省农业碳排放量测算、影响因素分析与预测研究. *生态与农村环境学报*, 2024, 40(2): 179-190.
- [45] Liu M H, Luo X L, Qi L A, Liao X L, Chen C. Simulation of the spatiotemporal distribution of PM_{2.5} concentration based on GTWR-XGBoost two-stage model: a case study of Chengdu Chongqing economic circle. *Atmosphere*, 2023, 14(1): 115.
- [46] Becker T, Rousseau A J, Geubbelmans M, Burzykowski T, Valkenborg D. Decision trees and random forests. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2023, 164(6): 894-897.
- [47] 方匡南, 吴见彬, 朱建平, 谢邦昌. 随机森林方法研究综述. *统计与信息论坛*, 2011, 26(3): 32-38.
- [48] 余文梦, 张婷婷, 沈大军. 基于随机森林模型的我国县域碳排放强度格局与影响因素演进分析. *中国环境科学*, 2022, 42(6): 2788-2798.
- [49] Sekrafi H, Sghaier A. Exploring the relationship between tourism development, energy consumption and carbon emissions: a case study of Tunisia.

- International Journal of Social Ecology and Sustainable Development, 2018, 9(1): 26-39.
- [50] 高源遥, 沈西林, 梁文灏, 刘芳. 基于 STIRPAT 模型的四川省旅游业碳排放量影响因素分析. 环境污染与防治, 2023, 45(12): 1737-1742.
- [51] 查建平, 谭庭, 钱醒豹, 赵倩倩, 杨晓杰. 中国旅游业碳排放及其驱动因素分解. 系统工程, 2018, 36(5): 23-36.
- [52] Sun Y Y. Decomposition of tourism greenhouse gas emissions: Revealing the dynamics between tourism economic growth, technological efficiency, and carbon emissions. Tourism Management, 2016, 55: 326-336.
- [53] 马小宾, 章锦河, 周乐莹, 孙怡, 杨良健, 郭丽佳, 王培家. 长三角区域经济与旅游规模异速关系的时空识别及成因分析. 地理研究, 2023, 42(11): 2984-3002.
- [54] 翁钢民, 李聪慧, 潘越, 李建璞. 中国旅游业碳排放脱钩效应及影响因素研究. 地理与地理信息科学, 2021, 37(2): 114-120.
- [55] 苏振, 郑应宏, 郭峦. 数字经济对旅游业碳排放效率的影响及门槛效应. 中国人口·资源与环境, 2023, 33(8): 69-79.
- [56] 黄和平, 乔学忠, 张瑾, 李亚丽, 曾永明. 绿色发展背景下区域旅游业碳排放时空分异与影响因素研究——以长江经济带为例. 经济地理, 2019, 39(11): 214-224.
- [57] 岳立, 雷燕燕, 王杰. 中国省域旅游业碳排放效率时空特征及影响因素分析. 统计与决策, 2020, 36(16): 69-73.
- [58] 查建平, 舒皓羽, 李园园, 贺腊梅. 中国旅游业碳排放及其影响因素研究——来自 2005—2015 年省级面板数据的证据. 旅游科学, 2017, 31(5): 1-16.
- [59] 张庆君, 陈蓉. 绿色金融政策创新与能源消费碳排放强度: 资源配置效应还是绿色创新效应. 甘肃社会科学, 2023(5): 206-218.
- [60] 蒋国栋, 左其亭, 赵晨光, 马军霞. 中国水资源行为二氧化碳排放当量及空间非均衡性. 水资源保护, 2024, 40(2): 72-80.
- [61] 董照樱子, 孙思琪, 夏楚瑜, 周辰溪, 赵晶, 张蔚文. “生态修复、城市修补”政策对城市碳排放的影响. 生态学报, 2024, 44(14): 6142-6153.
- [62] 颜建军, 冯君怡, 陈彬. 中国城市生态基础设施对碳排放量的影响. 生态学报, 2024, 44(2): 637-650.
- [63] 田伟腾. 财政分权、城市扩张与中国碳排放强度. 华东经济管理, 2024, 38(4): 72-82.
- [64] 吕洋, 高子茗, 李孟谕. 城市空间形态与碳排放——基于经济主体差异化行为的分析. 经济问题探索, 2023(12): 124-142.
- [65] 程慧, 徐琼, 郭尧琦. 中国旅游业碳排放脱钩的空间异质性及其驱动因素. 华东经济管理, 2020, 34(3): 86-93.
- [66] 赵先超, 滕洁. 基于 LMDI 的湖南省旅游业碳排放影响因素分解. 环境科学与技术, 2018, 41(9): 192-199.
- [67] 张晖, 李光龙, 李增来. 绿色财政抑制了碳排放吗?. 财政科学, 2024(1): 48-61.